

Эта система представляет собой комплекс мер, обеспечивающих реализацию установленного порядка осуществления внешнеэкономической деятельности в отношении продукции, услуг и технологий двойного назначения. При этом под внешнеэкономической деятельностью ТПУ понимаются любые формы участия в международном обмене товарами, работами, услугами, результатами интеллектуальной деятельности, а также доклады, статьи, внешнеторговая, инвестиционная и иная деятельность, включая производственную кооперацию, т.е. в таком обмене, когда одной из участвующих в нем сторон является иностранное государство или лицо, международная организация либо их представители.

В связи с укреплением позиций Томского политехнического университета в международных образовательных рейтингах деятельность внутривузовской системы экспортного контроля является крайне актуальной, хотя и существует ряд проблем, одна из которых – нехватка квалифицированных кадров.

Список информационных источников

1. "Система экспортного контроля в Российской Федерации (цели, задачи, основные принципы)". – Волгоград, 2010. №1. – 24 с.

2. Экспортный контроль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ved.gov.ru/reg/tools/export_control/

3. Система экспортного контроля Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://it4b.icsti.su/info/exp_con.htm.

4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/departments/head/science/export>

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МНОГОЭЛЕМЕНТНОГО ЁМКОСТНОГО ДАТЧИКА УРОВНЯ

Ма Синсин, Степанов А.Б.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Степанов А.Б., ст. преподаватель
кафедры физических методов и приборов контроля качества*

В последние годы в системах автоматического управления, контроля и регулирования в различных отраслях промышленности, а

также на объектах атомной энергетики находят все более широкое применение перспективные средства измерения и контроля, оснащенные микропроцессорами, которые принято называть интеллектуальными датчиками [1].

Для того чтобы обеспечить выполнение основных функциональных задач на начальной стадии конструирования и разработки интеллектуальных емкостных датчиков уровня необходимо выполнить построение адекватной математической модели. Основная цель создания математической модели заключается в сокращении времени на разработку датчика и существенной экономии материальных средств на проведение предварительных и опытных натурных испытаний.

Математическая модель представляет собой формальное описание основных закономерностей исследуемой системы в виде уравнений, неравенств, процедур расчета, позволяющих судить о поведении системы в естественных для нее условиях. Математическая модель емкостного датчика уровня (ЕДУ), как цепи измерительных преобразователей, строится на основе физических эффектов и ориентирована на расчет коэффициента преобразования (чувствительности) датчика [2, 3].

Необходимо отметить, что все известные методы измерения и контроля уровня жидких сред можно условно разделить на четыре большие группы: механические, электрические, акустические и электромагнитные. В электрических измерительных устройствах, как правило, контролируется сопротивление или емкость преобразователя.

Важными преимуществами емкостных датчиков перед другими типами измерительных преобразователей являются стабильность метрологических характеристик, а также возможность реализации достаточно широкого спектра зависимости изменения емкости от изменения измеряемой величины (линейной, логарифмической, экспоненциальной, степенной и др.). Применение емкостных датчиков уровня обусловлено также «гибкостью» вторичной измерительной аппаратуры, позволяющей измерять емкость в достаточно широких пределах.

Рассмотрим принцип действия емкостного преобразователя уровня неэлектропроводной жидкости в виде двух плоских металлических электродов с размерами b и L и расположенных друг относительно друга с зазором d (рис. 1). Для каждого значения уровня h жидкости в резервуаре емкость преобразователя определяется как емкость двух параллельно соединенных конденсаторов C_1 и C_2 , один из которых определяется частью электродов $(L - h)$, находящихся в газовой среде, а другой – частью электродов h , находящихся в контролируемой

жидкости. Есть и «паразитная» составляющая емкости преобразователя – емкость C_0 , обусловленная проходным изолятором, а также соединительным кабелем от электродов к вторичной измерительной аппаратуре. Значение полной емкости преобразователя можно записать, как $C_n = C_0 + C_1 + C_2$.

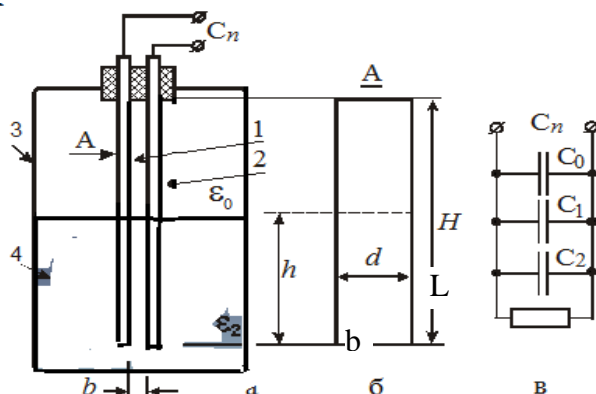


Рис.1. Ёмкостной «плоскость-плоскость» преобразователь уровня непроводящих жидких сред: 1,2 - преобразователь 3 - резервуар; 4 - жидкость

Для обозначений приведенных на рис. 1 значения емкостей C_1 и C_2 могут быть найдены как: $C_1 = \frac{\epsilon_0(L-h)b}{d}$ и $C_2 = \frac{\epsilon_0\epsilon_2hb}{d}$. (1)

Таким образом, полная емкость преобразователя, помещенного в контролируемую жидкость уровня h , составит

$$C_n = C_0 + \frac{\epsilon_0 b}{d} [L + h(\epsilon_2 - 1)]. \quad (2)$$

В настоящее время в измерительной технике находят широкое применение многоэлементные датчики. Такие датчики, как правило, содержат два и более однотипных чувствительных элемента. Отметим, что такого типа датчики позволяют преобразовать в электрические сигналы различные физические величины, которые распределены в пространстве. Классическим примером такого многоэлементного датчика могут, например, служить мостовые цепи, где каждое плечо моста можно рассматривать как отдельный чувствительный элемент. Кроме того, использование многоэлементных датчиков позволяет одновременно проводить измерения по нескольким измерительным каналам.

Рассмотрим математическую модель многоэлементного емкостного преобразователя уровня неэлектропроводной жидкости в виде

нескольких плоских металлических электродов с размерами b и L и расположенных друг относительно друга с зазором d .

Моделирование многоэлементного емкостного преобразователя уровня осуществлялось с использованием широко распространенного пакета прикладных программ MathCad.

В данной работе отражены результаты моделирования измерительного датчика уровня состоящего из трех чувствительных элементов в виде плоских конденсаторов. Каждый из трех чувствительных элементов датчика при этом включается в отдельный измерительный канал. Возможные взаимное расположение и размеры (указаны в сантиметрах) чувствительных элементов такого датчика приведены на рис. 2.

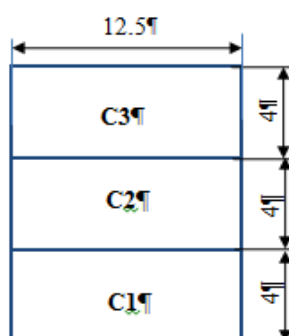


Рис.2. Расположение и размеры чувствительных элементов многоэлементного ёмкостного датчика уровня

Функции преобразования для каждого чувствительного элемента такого многоэлементного емкостного преобразователя представлены на рис. 3.

$$C1(h) := \begin{cases} \frac{\epsilon_0 \cdot b1 \cdot (L1 - h) + \epsilon_1 \cdot b1 \cdot h}{d} & \text{if } 0 \leq h < 0.04 \\ \frac{\epsilon_1 \cdot b1 \cdot L1}{d} & \text{if } 0.04 \leq h \leq 0.12 \end{cases}$$

$$C2(h) := \begin{cases} \frac{\epsilon_0 \cdot b2 \cdot L2}{d} & \text{if } 0 \leq h < 0.04 \\ \frac{\epsilon_0 \cdot b2 \cdot (L1 - h + 0.04) + \epsilon_1 \cdot b2 \cdot (h - 0.04)}{d} & \text{if } 0.04 \leq h < 0.08 \\ \frac{\epsilon_1 \cdot b2 \cdot L2}{d} & \text{if } 0.08 \leq h \leq 0.12 \end{cases}$$

$$C3(h) := \begin{cases} \frac{\epsilon_0 \cdot b3 \cdot L3}{d} & \text{if } 0 \leq h < 0.08 \\ \frac{\epsilon_0 \cdot b3 \cdot (L1 - h + 0.08) + \epsilon_1 \cdot b3 \cdot (h - 0.08)}{d} & \text{if } 0.08 \leq h \leq 0.12 \end{cases}$$

$$h := 0, 0.005.. 0.12$$

Рис. 3. Функции преобразования чувствительных элементов многоэлементного емкостного преобразователя

Полученные с применением пакета MathCad статические характеристики для такого многоэлементного емкостного преобразователя приведены на рис. 4 - 6. Уровень жидкости изменялся от 0 до 0.12 м с шагом 0.005 м.

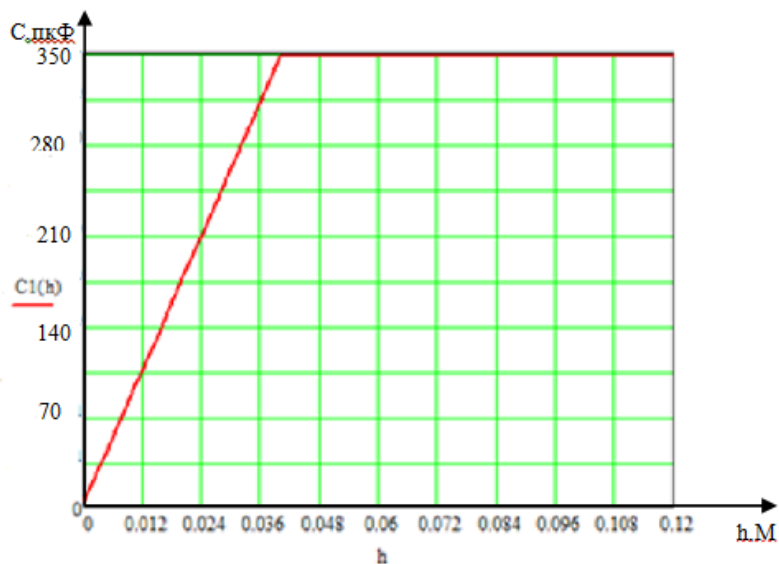


Рис.4. График зависимости ёмкости конденсатора C1 от уровня

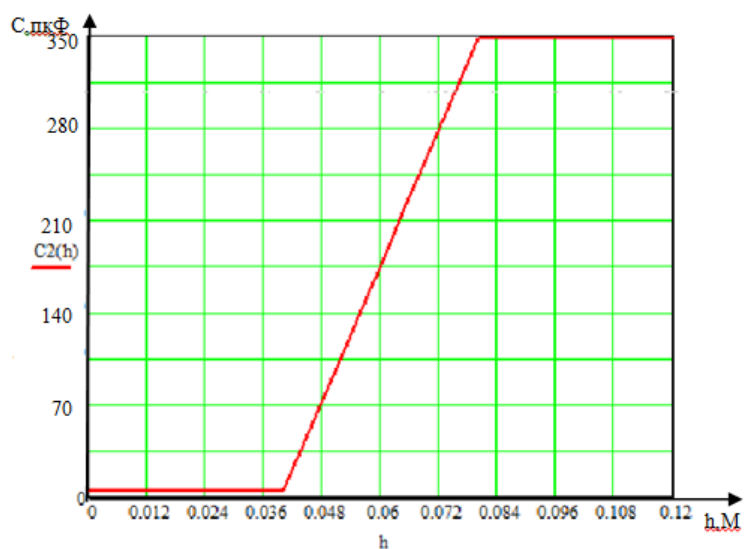


Рис.5. График зависимости ёмкости конденсатора C2 от уровня

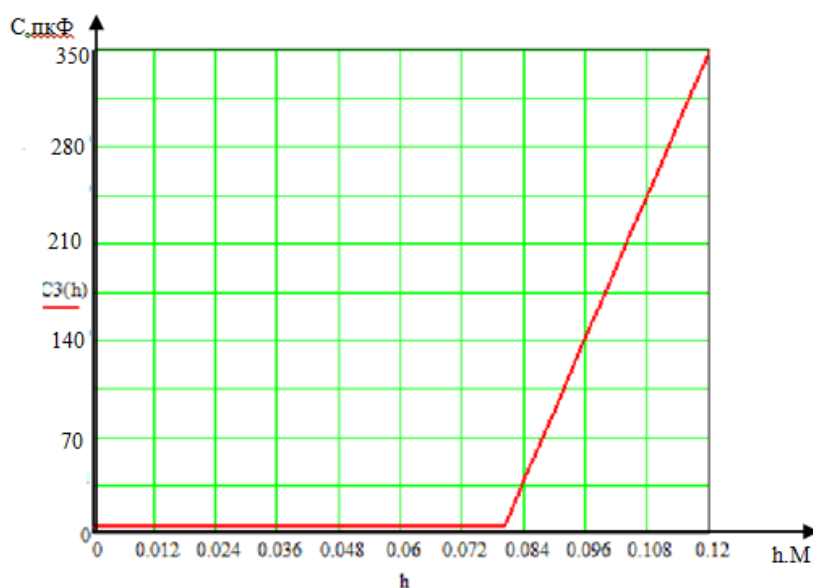


Рис.6. График зависимости ёмкости конденсатора С3 от уровня

Необходимо отметить, что применение многоэлементных средств измерения уровня в настоящее время позволяет ставить и находить решение все более сложных измерительных задач, которые связаны с измерением параметров различных технических объектов и их исследованием. Многоэлементные датчики уровня могут находить применение в задачах, для решения которых оказывается возможным и полезным получение измерительной информации об объекте контроля одновременно из нескольких источников. Таким образом, применение многоэлементных датчиков позволяет значительно расширить круг измерительных задач связанных с преобразованием выходных величин измерительных датчиков в различных современных системах контроля, автоматизации и управления.

Список информационных источников

1. Математическая модель емкостного датчика давления [электронный ресурс] <http://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-emkostnogo-datchika-davleniya>.
2. Бросилов С.А., Кучумов Е.В. Математическое моделирование процессов отражения и распространения электромагнитных волн в тонкой градиентной диэлектрической пластине. Труды международного симпозиума надежность и качество, ПГУ, том 1, 2011, с. 281-283.
3. В.А.Тихоненков "Теория, расчет и основы проектирования датчиков механических величин" Ульяновск 2000.